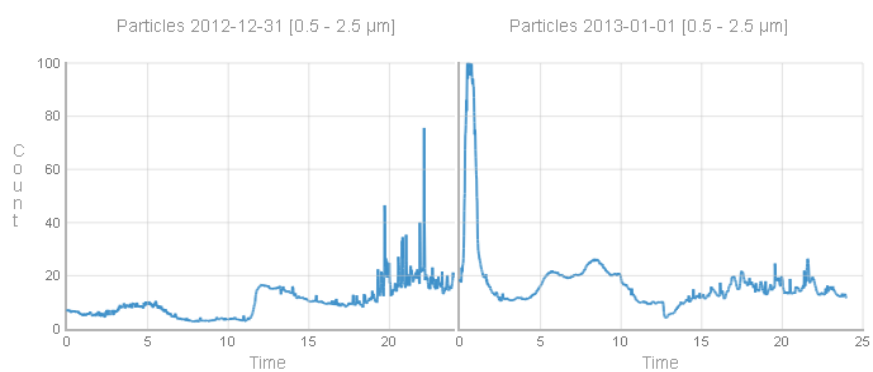


Partikeltælling i Charlottenlund

Foreløbige resultater, september 2012 - januar 2013

Jan Holst Jensen, 2013-03-30

Nytårsaften + nytårsdag



En december-weekend med brænderøg



Baggrund

Partikelmålinger foretaget i et villakvarter i Brønshøj af LOB¹ viser at partikelforureningen er ca. tre gange højere om vinteren end om sommeren.

Der er anskaffet en tilsvarende partikeltæller for at overvåge luftkvaliteten i Charlottenlund. Den primære motivation er at der også i Charlottenlund opleves kraftige røggener i løbet af vinteren.

Tælleren har nu været i drift ca. et halvt år og artiklen her beskriver tællerens opsætning og de foreløbige resultater.

Kortfattet sammendrag

Partikelforureningen i Charlottenlund er, som i Brønshøj, 3 gange højere om vinteren end om sommeren.

Døgngennemsnittet af det estimerede PM_{2.5} niveau overskrider 22 µg/m³ 17 gange i måleperioden, september 2012 - januar 2013.

I måleperioden er der 17 dage registreret time-gennemsnit af partikeltal på et niveau (estimeret $\geq 39 \mu\text{g}/\text{m}^3$) der iflg. californiske anbefalinger burde resultere i offentlig advarsel om forhøjet forurening. Disse 17 dage er kun delvist sammenfaldende med de 17 dage ovenfor, hvilket viser at der både er problematiske dage med generelt høj partikelforurening og dage med relativt kortvarige høje niveauer, f.ex. forårsaget af brænderøg.

Alt i alt indikerer målingerne at der forekommer væsentlig luftforurening periodevis i vinterhalvåret og at der relativt ofte i vinterhalvåret kan opnås niveauer på linie med EUs øvre vurderingstærskler. Målingerne synes derfor at indikere at der er behov for opfølgning fra myndighedernes side såfremt de fremtidige skærpede krav til luftkvaliteten i EU skal overholdes, også lokalt i villakvarterer.

Benyttet partikeltæller

Den benyttede partikeltæller er en Dylos DC-1700. Den er funktionsmæssigt identisk med Dylos DC-1100 Pro som er benyttet til LOBs målinger i Brønshøj.



Figur 1:

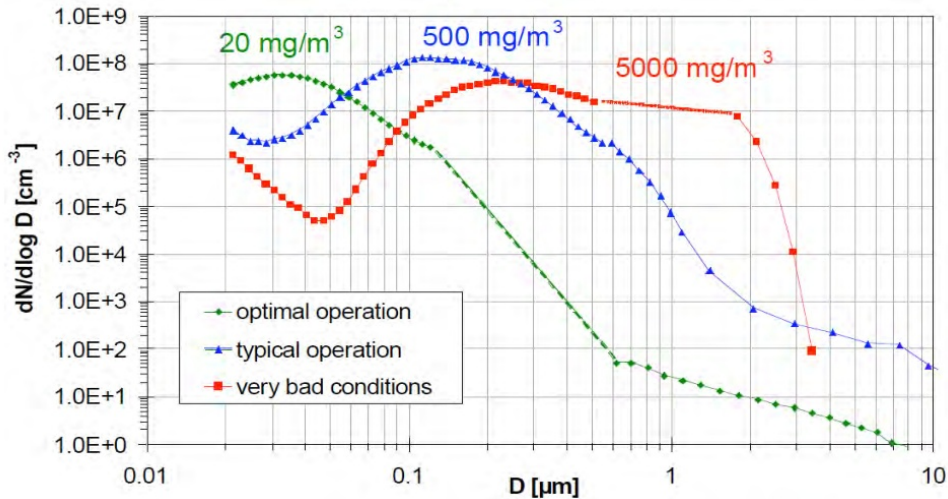
<http://www.dylosproducts.com/dc1700.html>

DC-1700 er en laserbaseret partikeltæller der registrerer antallet af partikler i to størrelsesklasser: Større end $0,5 \mu\text{m}$ og større end $2,5 \mu\text{m}$.

Tælleren er koblet til en computer der kontinuert samler data op. Tælleren afgiver et resultat en gang i minuttet og der samles således 1440 datapunkter op per døgn.

Tælleren kan ikke måle ultrafine partikler som muligvis er de mest problematiske ud fra en sundhedsmæssig betragtning. Til gengæld må man antage at den er god til at detektere tilstedeværelsen af f.ex. brænderøg da der typisk udledes en del større partikler fra anlæg der har dårlige forbrændingsbetingelser eller bliver betjent forkert, se Figur 2. Når de helt fine partikler ikke kan registreres har det også den fordel (set med dette projekts øjne) at tælleren bliver relativt ufølsom overfor normal trafikforurening da der kun udledes meget få partikler fra trafikken større end $0,5 \mu\text{m}$, se Figur 3.

Partikelstørrelsesfordeling



Brændeovn med varierende forbrændingseffektivitet

Figur 2: Størrelsesfordeling af partikeludledning fra brændeovn. Side 15 af foredrag om "Myter of facts om brændeovne" - Ole Schleicher.²

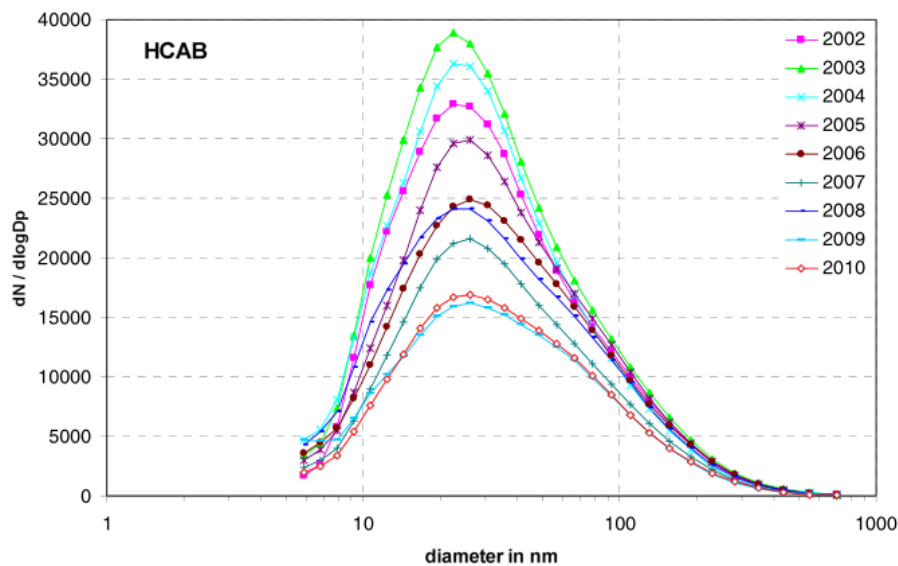
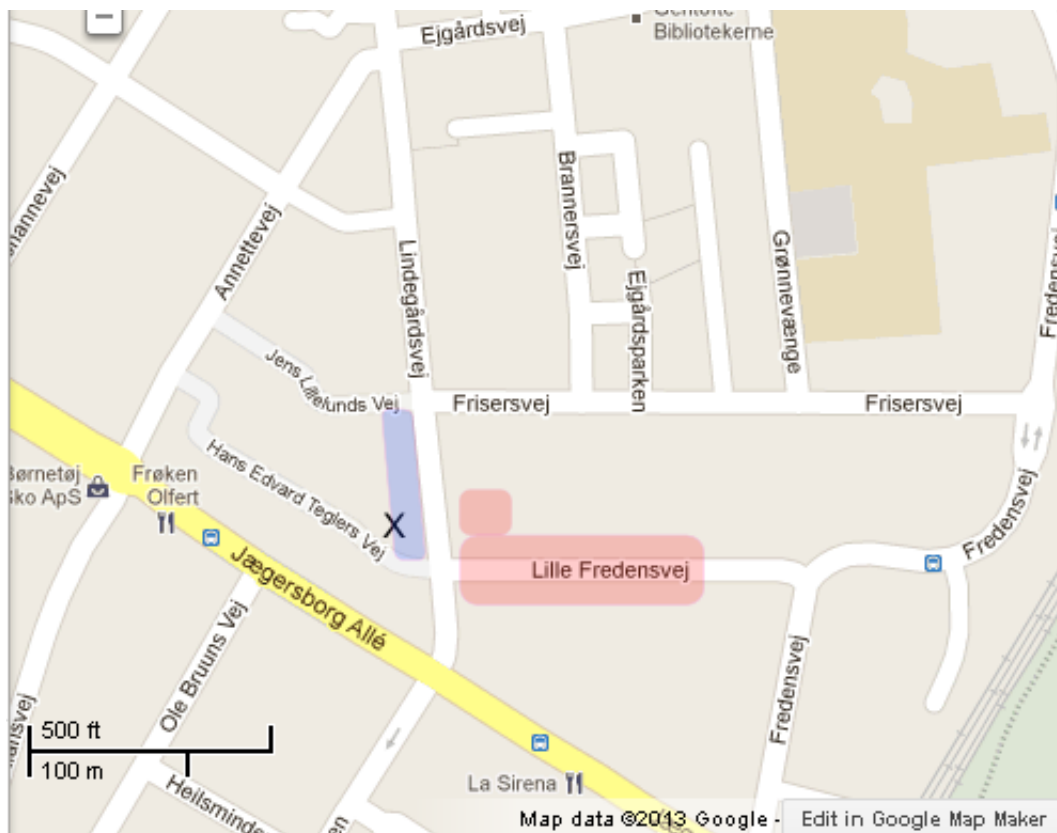


Figure 3.15. Annual averages of particle number size distributions (PNSD) measured at LVBY, HCOE, and HCAB from 2002-2010. Units: particles cm^{-3}

Figur 3: Størrelsesfordeling af partikeludledning fra trafik, H.C.Andersens Boulevard. Fra DMU teknisk rapport nr. 837, 2011, side 32.³

Placering af partikeltæller

Figur 4 viser placeringen af tælleren - markeret med "X" på kortet. Det med blåt markerede område viser udstrækningen af en række 3-plans etageejendomme langs Lindegårdsvej. Tælleren befinder sig i en af disse etageejendomme på en vestvendt altan i fri luft på 2. sal. Den er dermed i ca. 6 meters højde over jorden, svarende til indåndingszonen for personer der befinder sig på 2. sal.



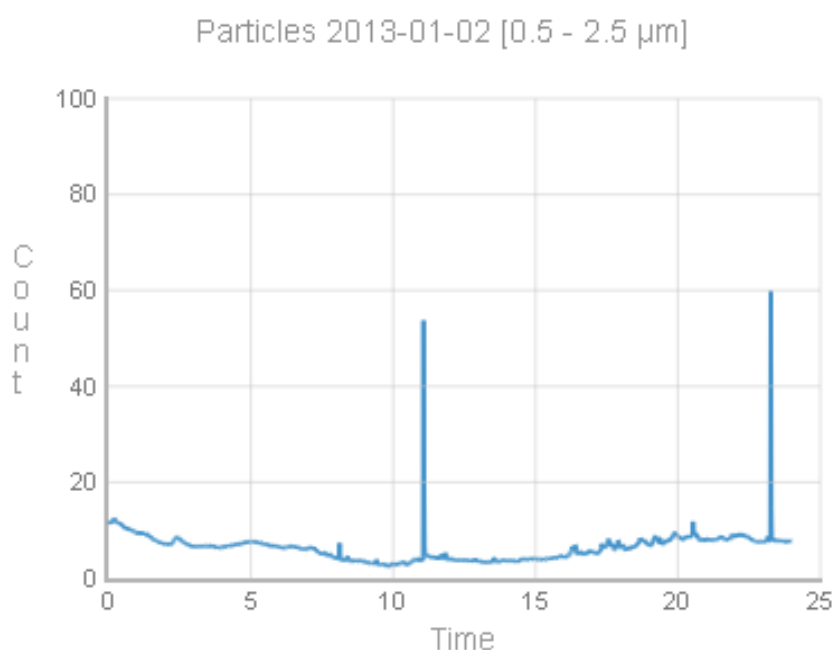
Figur 4: Placering af partikeltæller - markeret med "X".

De røde felter markerer zoner med fritliggende villaer der alle har skorstene der udmunder lavere end, eller på niveau med, 2. sals vinduer.

Eksempler på opsamlede data

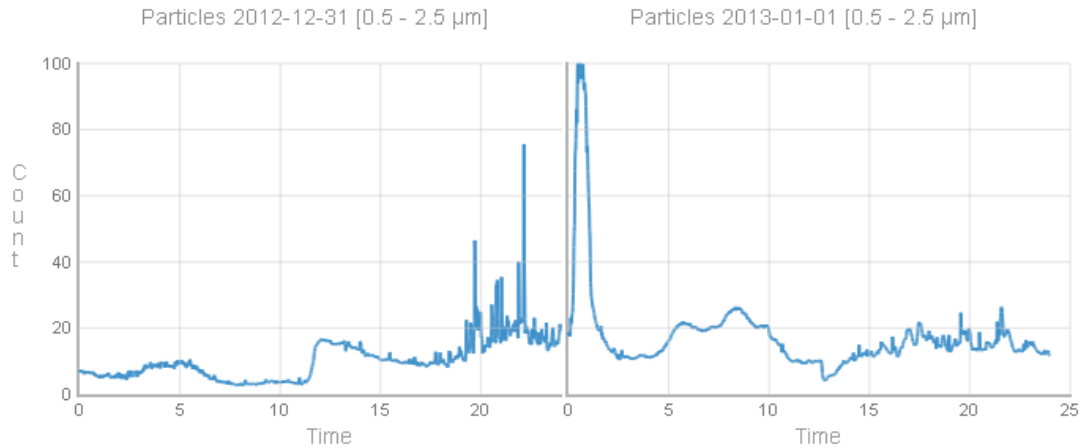
Tælleren blev anskaffet i august 2012 og begyndte målingerne 4. september. Den har kørt i døgndrift lige siden, kun afbrudt af få timers decideret strømudfald på 220V nettet, og har dermed indtil videre, per 30. marts 2013, opsamlet mere end 250 000 målepunkter.

Tælleren er velegnet til at registrere tilstedeværelsen af røg. I Figur 5 nedenfor ses et eksempel fra 2. januar 2013 hvor jeg tilfældigvis så hvad der skete kl. 11: To drenge fyrede noget fyrværkeri af på P-pladsen nedenfor altanen og røgen drev op på altanen. Det registreres som en tydelig spids kl. 11. Det er formodentlig noget lignende der er sket ved 23-tiden.



Figur 5: To kortvarige hændelser på en dag med ellers lave partikeltal.

I nedenstående Figur 6, der dækker nytårsaften plus den efterfølgende nytårsdag ses en klar top efter midnat hvor fyrværkeriet brændes af. Toppen er ganske kortlivet da der var en frisk vind nytårsnat.



Figur 6: Nytårsaften efterfulgt af nytårsdag.

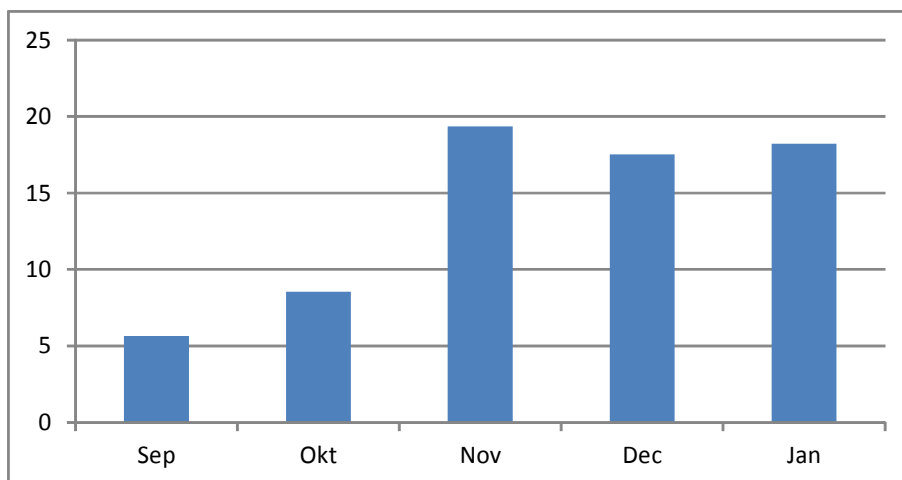
Og i Figur 7 ses et eksempel på en lørdag+søndag i december hvor det var ganske stille vejr og koldt. Der oplevedes kraftige røggener hele lørdag aften og den efterfølgende nat på et niveau hvor også indeluften blev mærkbart forringet.



Figur 7: December-weekend (lørdag + søndag) med stille vejr og frost.

Numerisk analyse af opsamlede data

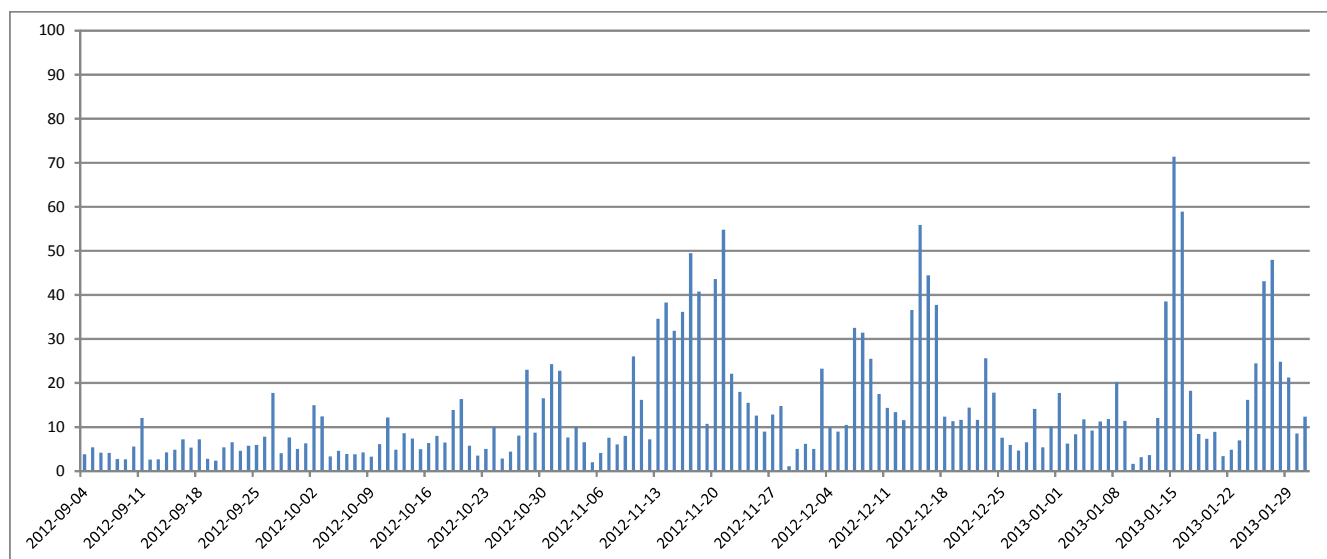
I det følgende har jeg analyseret data opsamlet til og med januar 2013.



Figur 8: Månedligt gennemsnit partikler/cm³, september 2012 - januar 2013.

Når fyringssæsonen starter sidst i oktober stiger det månedlige gennemsnit af partikelkoncentrationen til mere end 3 gange september-niveauet som vist på Figur 8. For denne tæller findes der endnu kun een måneds data opsamlet udenfor fyringssæsonen, men resultatet stemmer nøje overens med hvad der ellers er set i LOB's Brønshøj-målinger.

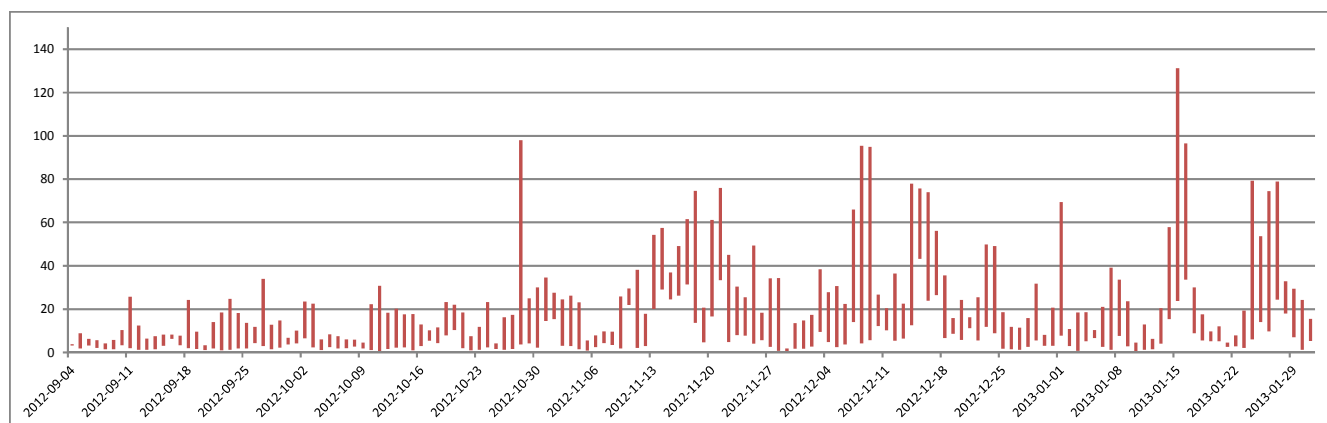
Zoomer vi ind og ser på middeltalet per døgn får vi Figur 9.



Figur 9: Døgnmiddeltal partikler/cm³, september 2012 - januar 2013.

Som det ses i Figur 9 er døgngennemsnittet konstant under 20 partikler/cm³ indtil slutningen af oktober hvor fyringssæsonen starter. Herefter er der periodevis langt højere niveauer. I fyringssæsonen er der stor variation dagene imellem, hvilket stemmer godt overens med de oplevede røggenere der også varierer stærkt fra dag til dag.

Ser man på timegennemsnit bliver forskellene endnu tydeligere idet kortvarige hændelser da træder tydeligere frem. I Figur 10 angiver søjlens top og bund henholdsvis maximum- og minimum-værdier for 1-times gennemsnittet den pågældende dag. Bemærk at Figur 10's Y-akse har et maximum på 140 og ikke 100 som på Figur 9.



Figur 10: Min- og max- værdier for 1-times gennemsnit af partikler/cm³.

Sammenligning med offentliggjorte tærskelværdier

De målte værdier er antallet af partikler per cm³. For at kunne sammenligne med kendte tærskelværdier for PM2.5 må man konvertere tællertallene til et estimeret PM2.5 niveau.

Benyttter man samme antagelser som Uva et al ⁴, kan PM2.5 estimeres ved at dividere det målte partikeltal per cm³ med 1,5. Denne omregningsfaktor baserer sig på en antagelse af at den gennemsnitlige registrerede partikel er 0,88 µm i diameter og har en massefylde på 1,65 x 10¹² µg/m³. Estimatet er usikkert, men det er til gengæld et meget konservativt bud på den reelle PM2.5 værdi.

1-times gennemsnit

I Californien er der i "Wildfire Smoke, A Guide for Public Health Officials" ⁵ defineret tærskelværdier for kategorisering af røg fra skovbrande baseret på 1-times middelværdier, se Figur 11. I samme publikation er der angivet anbefalede handlingsplaner i tilfælde af at tærskelværdierne overskrides, Figur 12.

Categories	Visibility in Miles	Particulate Matter Levels* (1-hour average, $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Good	11 miles and up	0 - 38
Moderate	6 to 10	39 - 88
Unhealthy for Sensitive Groups	3 to 5	89 - 138
Unhealthy	1 ½ to 2 ¾	139 - 350
Very Unhealthy	1 to 1 ¼	351 - 526
Hazardous	less than 1 mile	over 526

*In wildfire smoke, most particles are less than one micrometer, so the values obtained by measuring either PM_{10} or $\text{PM}_{2.5}$ are virtually interchangeable, and are treated as such in this document. Therefore, in the table above, the different particle levels can be measured using either PM_{10} or $\text{PM}_{2.5}$ monitors.

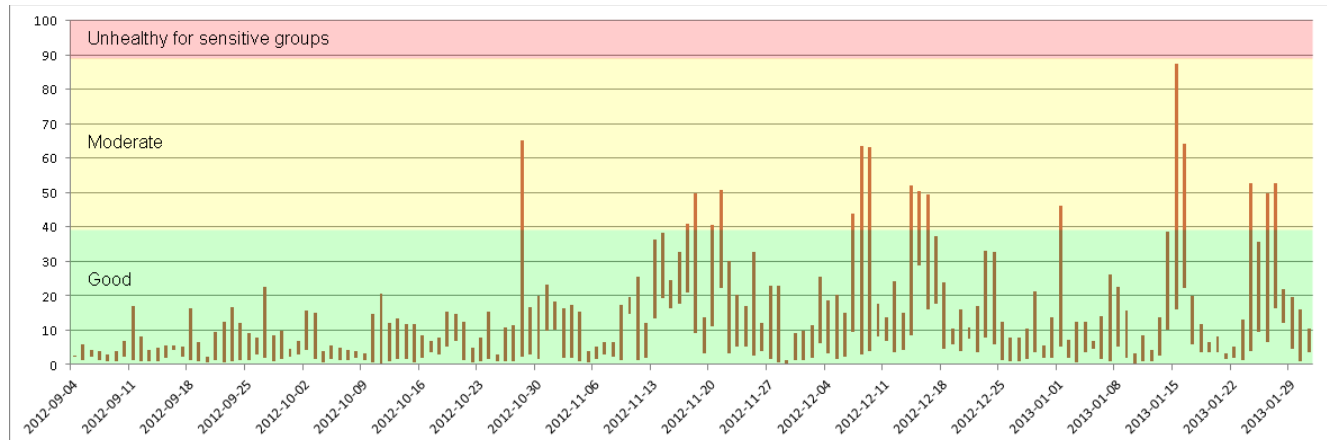
Figur 11: Kategorisering af 1-times gennemsnit af $\text{PM}_{2.5}$ ved skovbrand i Californien.⁵

Table 3 Recommended Actions for Public Health Officials²³

AQI Category (AQI Values)	$\text{PM}_{2.5}$ or PM_{10} Levels ($\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1- to 3-hr avg.)	$\text{PM}_{2.5}$ or PM_{10} Levels ($\mu\text{g}/\text{m}^3$, 8-hr avg.)	$\text{PM}_{2.5}$ or PM_{10} Levels ($\mu\text{g}/\text{m}^3$, 24-hr avg.)	Visibility - Arid Conditions (miles)	Recommended Actions
Good (0 to 50)	0 - 38	0 - 22	0 - 15	≥ 11	If smoke event forecast, implement communication plan
Moderate (51 to 100)	39 - 88	23 - 50	16 - 35	6 - 10	<ul style="list-style-type: none"> Issue public service announcements (PSAs) advising public about health effects and symptoms and ways to reduce exposure Distribute information about exposure avoidance
Unhealthy for Sensitive Groups (101 to 150)	89 - 138	51 - 79	36 - 65	3 - 5	<ul style="list-style-type: none"> If smoke event projected to be prolonged, evaluate and notify possible sites for cleaner air shelters If smoke event projected to be prolonged, prepare evacuation plans
Unhealthy (151 to 200)	139 - 351	80 - 200	66 - 150	1.5 - 2.75	<ul style="list-style-type: none"> Consider "Smoke Day" for schools (i.e., no school that day), possibly based on school environment and travel considerations Consider canceling public events, based on public health and travel considerations
Very Unhealthy (201 to 300)	352 - 526	201 - 300	151 - 250	1 - 1.25	<ul style="list-style-type: none"> Consider closing some or all schools (However, newer schools with a central air cleaning filter may be more protective than

Figur 12: Californiske guidelines ved overskridelse af tærskelværdier.⁵

Omregnes partikeltallene i Figur 10 til estimerede PM2.5 værdier, og overlejres de californiske kategorier på grafen, fås Figur 13.



Figur 13: Estimerede 1-times PM2.5 værdier målt, overlejret med californiske kategorier for 1-times PM2.5 værdier i tilfælde af skovbrand.

Der ses 17 tilfælde hvor PM2.5 når op i "Moderate" kategorien og man derfor, ifølge californiske guidelines, kunne anbefale en offentlig servicemeddelelse om forhøjet luftforurening.

I et enkelt tilfælde er partikelforureningen så voldsom at man tangerer næste kategori hvor man ifølge de californiske guidelines skal overveje evakuering såfremt røgen forventes at være længerevarende.

Døgn-gennemsnit

I EU direktivet⁶ angives grænseværdier for årsgennemsnittet af både PM10 og PM2.5. Men kun for PM10 angives en grænseværdi for døgngennemsnit. Det angives at døgngennemsnittet må overskride 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ maksimalt 35 gange per år, se Figur 14.

Midlingstid	Grænseværdi	Tolerancemargen	Frist for overholdelse af grænseværdi
Bly			
Kalenderår	0,5 µg/m ³ ⁽³⁾	100 %	— ⁽³⁾
PM₁₀			
1 døgn	50 µg/m ³ , må ikke overskrides mere end 35 gange pr. kalenderår	50 %	— ⁽¹⁾
Kalenderår	40 µg/m ³	20 %	— ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Allerede gældende fra 1. januar 2005.

⁽²⁾ Den daglige maksimale 8-timers-koncentrationsmiddelværdi udvælges på grundlag af rullende 8-timersgennemsnit, som beregnes ud fra timedata og ajourføres en gang i timen. Hvert 8-timers-gennemsnit, der er beregnet på denne måde, anføres for den dag, beregningen slutter, dvs. at den første beregningsperiode for en hvilken som helst dag vil være perioden fra kl. 17.00 den foregående dag til kl. 01.00 den pågældende dag, og den sidste beregningsperiode for en hvilken som helst dag vil være perioden kl. 16.00-24.00 den pågældende dag.

⁽³⁾ Allerede gældende fra 1. januar 2005. Grænseværdien skal først nås inden den 1. januar 2010 i umiddelbar nærhed af specifikke industrikilder, der er beliggende på steder, der er forurenede af årtiers industrielle aktiviteter. I sådanne tilfælde vil grænseværdien indtil 1. januar 2010 være 1,0 µg/m³. Det område, hvor der gælder højere grænseværdier, skal ikke gå ud over 1 000 m fra specifikke kilder.

Figur 14: PM10 grænseværdier, EU direktiv, bilag XI.⁶

EU's grænseværdi for årsgennemsnittet af PM2.5 er 25 µg/m³ fra og med 2015, faldende til 20 µg/m³ i 2020, se Figur 15. Det kan bemærkes at i USA er grænseværdien for årlig PM2.5 allerede nede på 15 µg/m³.⁷

E. Grænseværdi

Midlingstid	Grænseværdi	Tolerancemargen	Frist for overholdelse af grænseværdi
FASE 1			
Kalenderår	25 µg/m ³	20 % den 11. juni 2008, som reduceres med lige store årlige procentsatser, første gang den næstfølgende 1. januar og derefter hver 12. måned, så margenen er 0 % den 1. januar 2015	1. januar 2015
FASE 2 ⁽¹⁾			
Kalenderår	20 µg/m ³		1. januar 2020

⁽¹⁾ Fase 2 — den vejledende grænseværdi revideres af Kommissionen i 2013 på grundlag af yderligere oplysninger om sundheds- og miljøvirkninger, teknisk gennemførlighed og erfaringer med målværdien i medlemsstaterne.

Figur 15: PM2.5 grænseværdier, EU direktiv, bilag XIV.⁶

Udover grænseværdierne opereres der med en "øvre vurderingstærskel" der, såfremt den overskrides mere end 35 gange om året, medfører at man bør oprette faste målestationer for at overvåge situationen. Der er i direktivet angivet en øvre vurderingstærskel for PM10 døgn-gennemsnit men for PM2.5 er der kun en øvre vurderingstærskel for årsgennemsnit, se Figur 16.

3. Partikler (PM₁₀/PM_{2,5})

	Døgngennemsnit PM ₁₀	Årsgennemsnit PM ₁₀	Årsgennemsnit PM _{2,5} (1)
Øvre vurderingstærskel	70 % af grænseværdien (35 µg/m ³ , må ikke overskrides mere end 35 gange pr. kalenderår)	70 % af grænseværdien (28 µg/m ³)	70 % af grænseværdien (17 µg/m ³)
Nedre vurderingstærskel	50 % af grænseværdien (25 µg/m ³ , må ikke overskrides mere end 35 gange pr. kalenderår)	50 % af grænseværdien (20 µg/m ³)	50 % af grænseværdien (12 µg/m ³)

(1) Den øvre vurderingstærskel og den nedre vurderingstærskel for PM_{2,5} gælder ikke for de målinger, der tjener til vurdering af, om målet for reduktion af eksponering for PM_{2,5} med henblik på sundhedsbeskyttelse er opfyldt.

Figur 16: Vurderingstærskler, EU direktiv, bilag II.⁶

Siden der ikke er angivet grænseværdier for PM_{2.5} på andet end årsbasis vil jeg tillade mig at benytte samme skalering fra års-værdier til døgn-værdier som for PM₁₀.

Jeg får dermed et døgngennemsnit PM_{2.5} på $5/4 * 25 = 31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ der må overskrides max. 35 gange på et år. Den øvre vurderingstærskel for PM_{2.5} baseret på døgngennemsnit er hermed 70% af $31 = 22 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tager man udgangspunkt i grænseværdierne gældende fra 2020 får man henholdsvis værdierne $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Sammenlignes de ovenfor beregnede grænseværdier med målte døgngennemsnit for partikeltallene får man Tabel 1.

PM _{2.5} grænseværdi	Estimeret ækvivalent til	Antal døgn hvor målt døgngennemsnit > estimeret ækvivalent
$31 \mu\text{g}/\text{m}^3$	46,5 partikler/cm ³	6
$22 \mu\text{g}/\text{m}^3$	32 partikler/cm ³	17
$25 \mu\text{g}/\text{m}^3$	37,5 partikler/cm ³	13
$18 \mu\text{g}/\text{m}^3$	27 partikler/cm ³	19

Tabel 1: PM_{2.5} grænseværdier versus målte døgngennemsnit for partikler/cm³.

Man må forvente at der vil tilkomme flere overskridelser af disse grænser i løbet af februar og marts og til dels i april, afhængigt af vejret.

Referencer

- (1) LOB: Landsforeningen til Oplysning om Brænderøgsforurening.
http://www.braenderoeg.dk/particle_counts.php
Link fungerende per 2013-03-16
- (2) Ole Schleicher: Myter og facts om brændeovne.
<http://inno-mt.dk/media/17508/innomt%20foredrag%20osc3a.pdf>
Link fungerende per 2013-03-30
- (3) DMU rapport FR837, 2011, Particulate contribution from traffic in Copenhagen
<http://www.dmu.dk/Pub/FR837.pdf>
Link fungerende per 2013-03-30
- (4) Uva, Mark, Falcone, Robert, McClellan, Anthony og Ostapowicz, Edward (2009): Preliminary Screening System for Ambient Air Quality in Southeast Philadelphia
http://wireless.ece.drexel.edu/research/sd_air_quality.pdf
Link fungerende per 2013-03-16
- (5) Wildfire smoke - A guide for Public Health Officials
http://oehha.ca.gov/air/risk_assess/wildfirev8.pdf
Link fungerende per 2013-03-16
- (6) EU's direktiv af 2008 om luftkvaliteten og renere luft i Europa
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32008L0050:en:NOT>
Link fungerende per 2013-03-16
- (7) EPA, USA, grænseværdier for luftforurening
<http://www.epa.gov/air/criteria.html>
Link fungerende per 2013-03-16